

DIRECTRICES PARA LA ADMINISTRACIÓN Y PUNTUACIÓN DEL TEST FARNSWORTH-MUNSELL DE 100 TONOS

M. J. Luque, M. D. de Fez⁺, M. A. Díez

Departamento I. de Optica, Universidad de Valencia, Dr. Moliner 50, 46100 Burjasot, Valencia

*⁺Departamento I. de Optica, Universidad de Alicante, Campus de San Vicente del Raspeig, Ap.
99, 03080 Alicante*

1. Introducción

Resulta sorprendente que en la práctica optométrica diaria las pruebas de visión del color sean utilizados con escasa frecuencia. En general, son los tests de láminas pseudoisocromáticas y en particular, el de Ishihara, los únicos utilizados. La mayoría de estos tests permite, como mucho, detectar y en ocasiones, clasificar el tipo de alteración cromática, pero no estimar su gravedad o grado.

Es cierto que en el caso de adultos con una alteración de visión de color congénita, determinar el tipo y grado de la misma suele ser relevante sólo a la hora de facultar o no al sujeto para realizar determinadas tareas en las que la visión del color es importante. Conocer la existencia del defecto probablemente no alterará de manera significativa la vida del sujeto, que ya se habrá habituado a convivir con su alteración. En niños, sin embargo, la detección precoz de las alteraciones de la visión cromática puede ser determinante a la hora de evitar problemas que perjudicarían su desarrollo y educación. Debe tenerse en cuenta que gran parte de la información contenida en los libros de texto, consulta, lectura etc., aparece codificada en color, lo que dificulta el aprendizaje, el entretenimiento y, en definitiva, la educación de los niños con alteraciones cromáticas¹.

Los tests de visión del color también pueden jugar un papel importante en la detección precoz de patologías (por ejemplo, la neuritis óptica, el adenoma pituitario, el glaucoma, la diabetes; ver Tabla I) que afectan en sus primeras etapas a la visión del color. Para estas tareas de diagnóstico precoz de patologías se precisan tests muy sensibles que, por una parte, permitan detectar pequeñas desviaciones respecto a la visión del color normal, y por otra

permitan discriminar entre distintos grados de alteración de la visión del color, con objeto, por ejemplo, de poder seguir la evolución de un paciente. Los tests de ordenación se prestan particularmente bien a este cometido². Además, los tests de ordenación proporcionan bastante información manteniendo una simplicidad relativa en la tarea que debe desempeñar el paciente, comparados con métodos como la anomaloscopia o la medida de umbrales cromáticos, que caracterizan perfectamente al sujeto pero no son viables en la práctica optométrica diaria.

Entre los tests de ordenación el más sensible es el Farnsworth-Munsell de 100 tonos (FM100-H). El objetivo de este trabajo es discutir la incidencia que tiene sobre el diagnóstico el método de administración y evaluación de los resultados de dicho test.

2. Pruebas de ordenación

En los tests de ordenación la tarea que debe realizar el paciente consiste en disponer un conjunto de muestras coloreadas según un determinado criterio –por ejemplo, ordenarlas por tonos o por colorido-. De esta manera, se evalúa la discriminación cromática del sujeto. Es habitual elegir algunos de los colores de la ordenación a lo largo de las rectas de confusión de los dicrómatas, con objeto de facilitar la clasificación de los sujetos. Dentro de este grupo los tests más utilizados son el Farnsworth-Munsell, en sus versiones de 15 (D-15), 28 tonos (FM28-Hue) y de 85 tonos (FM100-Hue), y el test D-15 desaturado de Lanthony (ver Pokorny et al.³ para más detalles). La prueba resulta más difícil que el test de Ishihara, pero también presenta mayor capacidad diagnóstica.

3. El test Farnsworth-Munsell de 100 tonos

Descripción

Este test está formado por fichas de color que, vistas bajo iluminante C, corresponden a un círculo completo de tono en el atlas Munsell, de manera que todas ellas tienen aproximadamente la misma luminosidad y presentan el

mismo nivel de croma (definido como la cantidad de color del estímulo comparado con un blanco iluminado igual).

Si representamos estos colores en el diagrama CIE1931xy (Figura 1) vemos que quedan situados sobre una elipse. Si ahora rodeamos esta elipse por las correspondientes rectas de confusión de protanopes, deuteranopes y tritanopes (tangentes a la elipse), ocurre que cada tipo de dicrómata confundirá los colores próximos a los puntos de tangencia de dichas rectas con la elipse y tendrá dificultades para realizar la ordenación de fichas que se le pide. Si un paciente no es dicrómata pero ha perdido discriminación cromática en alguna región del diagrama de color, ordenará incorrectamente las fichas coloreadas pertenecientes a la misma. La región de pérdida de discriminación nos dice el tipo de alteración que sufre el sujeto y el número de errores cometidos indica su grado o intensidad. Los ejes de máxima pérdida de discriminación están definidos por las fichas 17 y 64 para observadores protán, 15 y 58 para deután y 5 y 45.5 para tritán⁴. Este test permite distinguir claramente entre las dos clases de alteraciones rojo-verde gracias a que las rectas de confusión protán y deután elegidas son suficientemente diferentes. Por otra parte, la capacidad de detectar y clasificar alteraciones tipo tritán es particularmente relevante, ya que la mayoría de las alteraciones adquiridas de la visión del color afectan a la discriminación azul-amarillo².

Las fichas se organizan en cuatro cajas de 21 o 22 piezas cada una, de las cuales la primera y la última son fijas y se utilizan únicamente como referencia para el sujeto (Figura 2). En la primera caja el tono de las fichas varía del rosa al amarillo, en la segunda del amarillo al azul verdoso, en la tercera del azul verdoso al azul y en la cuarta del azul al rosa, pasando por el púrpura.

Todas las fichas, excepto las fijas, están numeradas en la parte posterior. En la versión más reciente del test la base de las cajas es transparente para que dicha numeración sea fácilmente visible.

Administración

Antes de comenzar explicaremos detalladamente al sujeto en qué consiste el test y nos cercioraremos de que lo comprenda. Debido a la relativa complejidad de la tarea, no es recomendable el uso de este test con niños de edad inferior a 9 años. Si sospechamos que el paciente presenta alguna alteración cromática, evitaremos empezar el test con las cajas que contengan los ejes de pérdida de discriminación protán, deután o tritán. De esta manera facilitamos la comprensión de la tarea. Empezar por la caja dos en este caso suele ser conveniente.

Es aconsejable administrar el test monocularmente si se sospecha la presencia de una alteración adquirida de la visión del color, ya que estas alteraciones pueden no afectar a ambos ojos o no hacerlo en igual modo. Presentaremos al paciente cada una de las cajas, a una distancia de cincuenta centímetros e iluminadas con iluminante C, con las piezas desordenadas en la tapa superior. El paciente deberá ordenar las piezas por color entre las dos fichas fijas de la parte inferior de la caja. Para ello dispondrá de todo el tiempo que necesite, ya que la precisión de la respuesta es más importante que la velocidad. A un sujeto normal suele bastarle dos minutos por bandeja, mientras que los sujetos con alteraciones en la visión del color necesitarán más tiempo.

Al completar el test cerramos la caja y la invertimos para leer los números situados bajo las muestras de color. Como los resultados del FM100-H mejoran con el aprendizaje, suele ser recomendable realizar al menos dos tests para clasificar al sujeto con precisión.

En todo el proceso debemos manipular las fichas con cuidado de no tocar la parte coloreada y, al finalizar, cerraremos cada caja para evitar que el polvo altere el aspecto de las fichas.

El tipo de iluminación es importante. Las fichas deberían verse bajo iluminante C, con un nivel de iluminación no inferior a 270 lux^{5,6} (manual Farnsworth) o, en su defecto, con un simulador (como una cabina de observación MacBeth⁷), o con luz de día⁸, debiendo evitarse, en general, la luz fluorescente^{3,7}. Un cambio de color del iluminante conllevará una variación del color de los estímulos, lo que puede acarrear dos tipos distintos de consecuencias. Como se ilustra en la Figura 3, la distancia perceptual entre dos fichas consecutivas puede disminuir, de manera que observadores

perfectamente normales las confundirían, o aumentar, de manera que observadores con alteraciones leves pasarían desapercibidos. Los sujetos deután, por ejemplo, cometen menos errores con luz incandescente³. Por otra parte, si el cambio de iluminante es suficientemente grande, los puntos de tangencia entre el locus de los colores del test y las rectas de confusión de los dicrómatas pueden variar. Por ejemplo, los sujetos protán pueden mostrar un perfil deután con lámparas de tungsteno³.

En cuanto al nivel de iluminación, debe tenerse en cuenta que el test Farnsworth-Munsell básicamente mide la capacidad de discriminación cromática de los sujetos, y que ésta disminuye al decrecer el nivel de iluminación⁹.

La distancia de observación también puede determinar los resultados del test. A 50 cm las fichas subtienden un ángulo de 1.5°; para ángulos mayores, sujetos deuteranopes pueden llegar a responder como normales¹⁰ y para ángulos menores, incluso sujetos normales pueden cometer un número elevado de errores.

Puntuación

Las fichas van numeradas por la parte inferior y la secuencia de ordenación se representa en un diagrama radial, con los criterios que desarrollaremos en el punto siguiente, de manera que la confusión entre colores define un eje de ordenación en una dirección determinada que indica el tipo de deficiencia. La amplitud de los picos muestra el grado de severidad, pero no distingue anómalos de defectivos.

4. Procedimientos de cálculo de la puntuación del paciente

Existen tres procedimientos aceptados para puntuar los resultados de un paciente. El más antiguo fue propuesto por Farnsworth^{5,6} y en él se basan los dos siguientes, elaborados respectivamente por Kinneer¹¹ y Dain y Birch⁴.

Por construcción, la distancia perceptual entre dos fichas consecutivas del test es constante, e igual a la mínima diferencia perceptible (mdp) por un observador. La distancia entre las piezas N y N+1 sería de 1 mdp, entre N+1 y N+2 también de 1 mdp, etc. , y en general, entre N_1 y N_2 tendríamos una distancia perceptual de $|N_1 - N_2|$ mdps. Esta expresión no se aplica a la ficha 85 y a la ficha contigua de la primera caja, ya que entre las fichas 85 y 1 hay 1 mdp. En consecuencia, si N_1 es una ficha de la primera caja y N_2 es una de la cuarta o la ficha 85, la distancia entre ambas es de $(85 - N_2 + N_1)$ mdps.

Con el procedimiento diseñado por Farnsworth^{5,6}, para una ficha determinada calculamos la suma de las distancias perceptuales entre esa ficha y la que le precede y le sigue en la ordenación hecha por el paciente. Por ejemplo, si la secuencia:

4 7 8 3 5

forma parte de la ordenación realizada por cierto sujeto, para cada ficha tendríamos lo siguiente:

Número de ficha	4	7	8	3	5
Número de mdps	3	1	5	2	
Suma de mdps	4	6	7		

Así, a la ficha 7 le corresponde 4 mdps, a la 8, 6 mdps, a la 3, 7 mdps, y así sucesivamente, y esto **sin ninguna referencia a la posición que estas fichas ocupan en la ordenación total**. Es decir, estos valores serían los mismos independientemente de que la secuencia de ejemplo la hubiéramos encontrado al principio de la primera caja o al final de la misma. Esto es, lo importante es que la diferencia perceptual entre la ficha N y las de su entorno sea pequeña, y no que la ficha N aparezca en la posición N.

Consideremos el caso de un sujeto que ordena correctamente las piezas del test. En este caso la suma de mdps de cada ficha es de 2, puesto que cada ficha dista 1 mdp de sus vecinas inmediatas. La puntuación final del test se

obtiene restando a la suma calculada en el apartado anterior este valor 2 que constituye la mínima puntuación posible:

Número de ficha	4	7	8	3	5
Número de mdp	3	1	5	2	
Suma de mdps		4	6	7	
Puntuación		2	4	5	

Con objeto de facilitar el cálculo de las puntuaciones y su representación gráfica, el test FM100-H incluye unas hojas de resultados, en cuya parte superior aparece la ordenación secuencial de las fichas. El examinador debe tomar nota de la ordenación real del test realizado por el observador, por encima de la numeración impresa en el primer test y por debajo en el segundo. Cuando la ordenación es correcta basta con señalar, por ejemplo mediante una línea, la secuencia bien ordenada. Las puntuaciones obtenidas se representan en el diagrama de coordenadas polares de la hoja de resultados, en el que la coordenada angular representa el número de la ficha y la coordenada radial la puntuación de la misma.

Para caracterizar o diagnosticar al observador, a partir de las puntuaciones obtenidas se calcula el error total, así como los centros de gravedad de las regiones de mayor pérdida de discriminación. El error total se define como la suma de las puntuaciones de cada ficha (ver Tabla II para límites de normalidad). Este parámetro debe interpretarse con cuidado: evidentemente, no es lo mismo una puntuación de 150 con errores generalizados, que la misma puntuación debida a errores concentrados en una región particular. En cuanto al centro de gravedad o eje de una región de pérdida de discriminación se define como aquella ficha que divide dicha región en dos zonas en las que la suma de los errores es aproximadamente igual. En el apartado de Descripción del test FM100-H ya hemos indicado las fichas que definen los diferentes ejes de pérdida de discriminación para protanopes, deuteranopes y tritanopes, según Dain y Birch⁴ (para más información sobre valores de los ejes calculados por otros autores, ver Pokorny et al³).

La variante de este método propuesta por Kinnear¹¹, se basa en que los sujetos ordenarán las piezas al azar en aquellas regiones en las que no tenga discriminación de tono. Por tanto, si realiza el test un cierto número de veces, no siempre ordenará las fichas de la misma forma. Por ejemplo, si un sujeto confunde las piezas que van de la 60 a la 70, al realizar el test en ocasiones sucesivas puede darnos ordenaciones como las siguientes:

63	64	65	61	67	69
70	62	69	68	64	60
62	61	65	66	64	63

Calculemos en las tres distribuciones el error correspondiente, por ejemplo, a la ficha 64. En la primera ordenación, la ficha ocuparía el lugar correcto, con lo que su puntuación sería de cero; en la segunda y la tercera, sin embargo, tendríamos puntuaciones de $(68-64)+(64-60)-2=8-2=6$ y $(66-64)+(64-63)-2=3-2=1$, respectivamente. Es decir, la puntuación de la ficha 64 puede cambiar de forma drástica, desde un error mínimo a errores bastante graves. En estas condiciones, cabe preguntarse hasta qué punto es importante caracterizar la pieza 64, o cualquier otra de las que el observador confunde, con una puntuación concreta. Kinnear¹¹ sugiere que lo importante no es la puntuación individual de las piezas, sino la región en la que el sujeto empieza a perder discriminación del color. Por tanto, propone que se calculen los errores a partir de las mdps, tal y como propone Farnsworth, pero que el valor del error se atribuya no a la ficha, sino a la posición que ocupa la ficha en la ordenación, ya que esto es más fácil de representar. Es decir, con este método, los errores calculados se representan en el diagrama en polares secuencialmente.

Veamos un ejemplo. Supongamos que cierto sujeto realiza la ordenación siguiente de la primera caja:

Número de orden	10	11	12	13	14	15	16	17
Número de ficha	9	11	12	13	16	14	19	15
Número de mdp	2	1	1	3	2	5	4	
Suma de mdps	3	2	4	5	7	9		
Puntuación	1	0	2	3	5	7		

Por ejemplo, con el procedimiento de Farnsworth, la ficha 14 tendría una puntuación de 5; con el procedimiento de Kinnear, en el puesto 14 del diagrama representaríamos un error de 3, el correspondiente a la ficha 16.

¿Qué consecuencias tiene utilizar un método de representación u otro? Al introducir el método ya hemos comentado que en las zonas de baja discriminación cromática, el procedimiento de asignación del error a una ficha dada es realmente arbitrario, con lo cual tan aceptable es a priori el método propuesto por Farnsworth como el propuesto por Kinnear. Ambos métodos coinciden tanto en el caso de una secuencia correcta como en el de una simple transposición de dos fichas. La situación cambia cuando los errores son más complejos. En general, puede afirmarse que con el procedimiento de Farnsworth las zonas de pérdida elevada de discriminación tienen numerosos picos, mientras que con procedimiento de Kinnear los perfiles se suavizan (Figura 4). Sin embargo, el error total es obviamente el mismo y los límites de las regiones de pérdidas de discriminación de defectos protán, deután y tritán apenas varían, mientras que la ficha central de dichas regiones puede llegar a desplazarse como mucho una o dos piezas^{11,10} (Figura 5).

Por último, el método propuesto por Dain y Birch⁴ está pensado para determinar si existe algún eje de pérdida de discriminación significativamente mayor en un sujeto que presenta pobre discriminación en todo el círculo de color. En este caso, el error de cada pieza se calcula como el cociente entre el promedio de los errores de las diez piezas que la preceden y las diez que la siguen y el error promedio de todas las piezas. Los resultados suelen representarse en un diagrama lineal, con el número de la ficha en el eje de abscisas y en ordenadas el error calculado con este procedimiento. A partir de la figura es fácil determinar las zonas donde el error es significativamente mayor que el promedio. Esta manera de trabajar resulta especialmente útil en el caso

de deficiencias adquiridas de la visión del color, en las que un eje de pérdida de discriminación se suele superponer a una pérdida de discriminación global (Figura 6).

5. Equivocaciones comunes en la puntuación del test

Sorprendentemente, un error bastante extendido consiste en calcular la puntuación de cada pieza, no como la distancia perceptual (en mdps) entre la pieza y sus vecinas inmediatas, sino como la distancia entre la posición que ocupa la pieza y la que debería ocupar. Con este criterio, una pieza tendrá puntuación cero si ocupa el orden adecuado en la secuencia de ordenación, independientemente de que la relación con las fichas de su entorno sea la adecuada. Esto es, si retomamos el ejemplo de la Figura 4:

Número de orden	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Número de ficha	8	7	10	9	11	12	13	16	14	19	15
Orden-ficha	1	1	1	1	0	0	0	2	1	3	2
Puntuación		2	2	1	1	0	2	3	5	7	

Dos cosas son aparentes en el ejemplo: por una parte, que este procedimiento da igual resultado que el de Farnsworth cuando las piezas están bien ordenadas y las de su entorno inmediato también, o cuando se produce una transposición de dos piezas (la ficha 9, por ejemplo). En los demás casos la puntuación de cada ficha cambia de manera notable, siendo, en general, menor el calculado por este procedimiento erróneo, tal como puede verse en las Figuras 7 y 8. Podríamos volver a calibrar el funcionamiento del FM100-H con esta manera de puntuar, pero encontraríamos a priori dos tipos de problemas: el primero, la falta de justificación teórica del procedimiento; el segundo, que los valores pequeños de la escala harían que pasasen desapercibidas pérdidas leves de discriminación. Aplicar los procedimientos de diagnóstico estándar, tales como posiciones de los ejes de pérdida de

discriminación y error total de la prueba, a un diagrama obtenido con este procedimiento (Figura 8) nos llevará a error.

6. Conclusiones

La fiabilidad de los resultados obtenidos con el test FM100-H depende de su correcta administración y puntuación.

En cuanto a la administración, el requisito más fuerte es el de la iluminación: debe ser lo más parecida posible a un iluminante C razonablemente intenso. En caso de necesidad puede utilizarse luz de día indirecta pero hay que evitar, en general, las lámparas fluorescentes.

En lo que se refiere al método de puntuación, la bibliografía recomienda el propuesto por Kinnear^{3,10,11} ya que con él es más fácil determinar los ejes de pérdida de discriminación. En sujetos con pérdidas de sensibilidad generalizada, ni este método ni el de Farnsworth permiten un diagnóstico preciso, con lo que se recomienda utilizar el método de Dain y Birch^{4,10}. Independientemente del método utilizado no se debe extrapolar resultados de uno a otro en lo que se refiere a ejes y a valores de límites de normalidad.

Bibliografía

1. Díez M A, Capilla P, Luque M J y de Fez M D. Detection and assessment of color vision anomalies and deficiencies in children. *Journal Pediatric Ophthalmology an Strabismus*, 2001, en imprenta.
2. Díez M A, Capilla P y Luque M J. Detección de patologías mediante tests psicofísicos (II). Patologías que afectan a los caminos visuales paralelos y métodos de detección. *Ver y Oír*, 1999, 155-167.
3. Pokorny et al. Committee on Vision. Assembly of Behavioral and Social Sciences, National Research Council. *Procedures for Testing Color Vision. Report of Working Group 41*. Academy Press, 1981.
4. Dain S J y Birch J. An averaging method for the interpretation of the Farnworth-Munsell 100-Hue test. Part I. Congenital colour vision defects. *Ophthalmic Physiol. Opt.* **7**, 1987, 267-280.
5. Farnsworth D. The Farnsworth-Munsell 100-hue and dichotomous tests for color vision. *J Opt Soc Am* **33**, 1943, 568-578.
6. Farnsworth D. The Farnsworth-Munsell 100-hue Test for the Examination of Color Discrimination. Baltimore, Md.: Munsell Color Company, Inc, 1957.
7. Schwartz S H. Visual Perception. A clinical orientation. New York, McGraw-Hill, 1999.
8. Adams A J, Haegerstrom-Portnoy G. Color deficiency. En Amos J F ed. *Diagnosis and Management in Vision Care*. Boston. Butterworths, 1987.
9. Verriest G. Further studies on acquired deficiency of color discrimination. *J. Opto. Soc. Am.*, **53**, 1963, 185-189.
10. Birch J. Colour Vision Tests: General Classification. En Foster, D. H (Ed.), Inherited and acquired colour vision deficiencies. De Cronly-Dillon, J.R. (Ed.). *Vision and visual dysfunction*, vol. 7, MacMillan Press, 1991.
11. Kinnear P R. Proposals for scoring and assessing the 100-Hue Test. *Vision Res.*, **10**, 423-433, 1970.

RESUMEN

En este trabajo se discuten las condiciones de administración del test Farnsworth-Munsell-100 Hue y se revisan los procedimientos estándar de puntuación del mismo, incidiendo sobre las implicaciones de los errores de administración y de puntuación más habituales y su importancia en el diagnóstico de alteraciones de la visión del color, en particular en las alteraciones adquiridas, para la detección precoz de las cuales este test ha probado ser de utilidad.

ABSTRACT

We revise the administration and scoring procedures for the Farnsworth-Munsell-100 Hue test. Particular attention is paid to the consequences of the most common procedure mistakes and their implications on the diagnosis of colour vision alterations, particularly those due to acquired pathologies, for which the FM100-H test has proved to be a useful early-diagnosis tool.

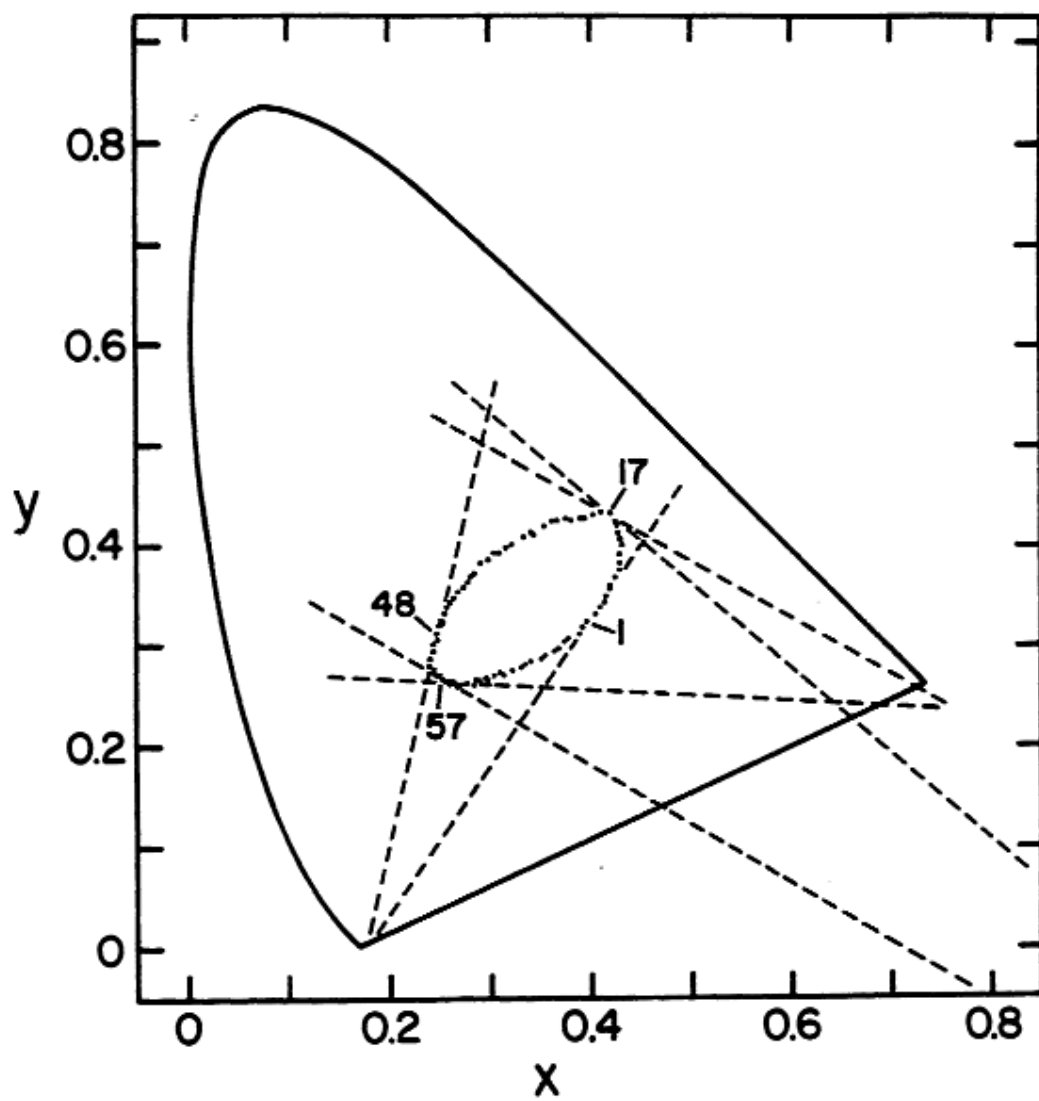


Figura 1

Luque, de Fez y Díez

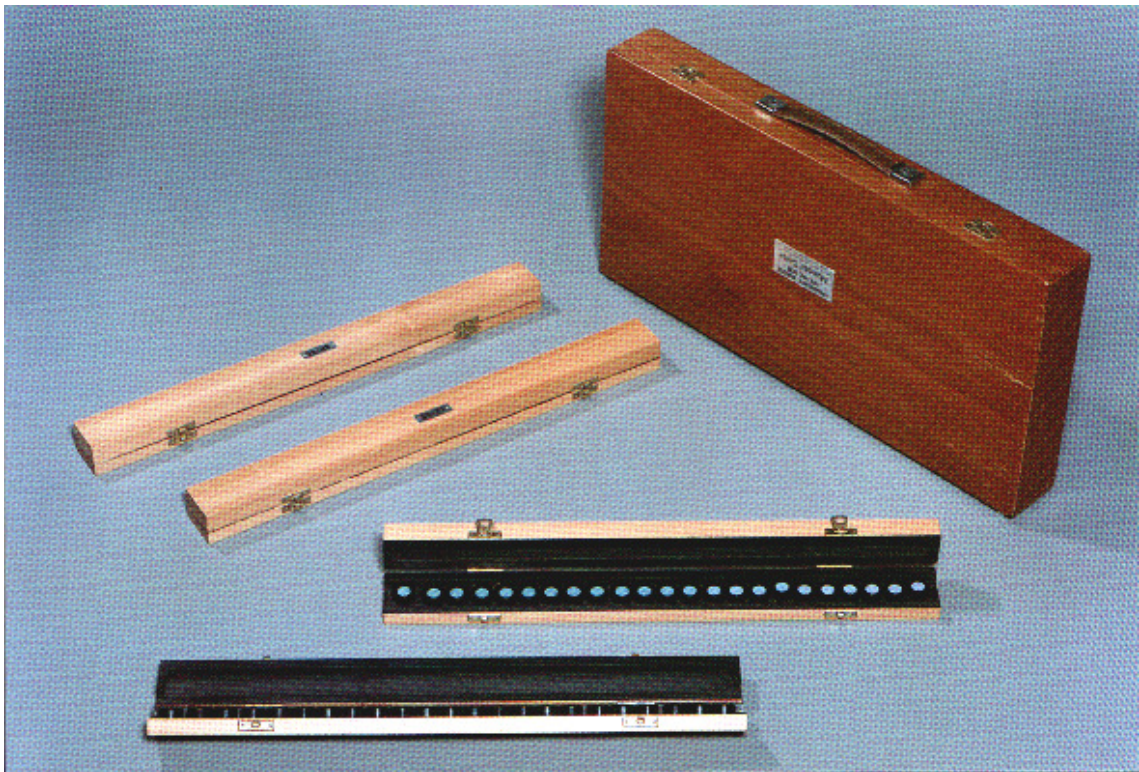


Figura 2

Luque, de Fez y Díez

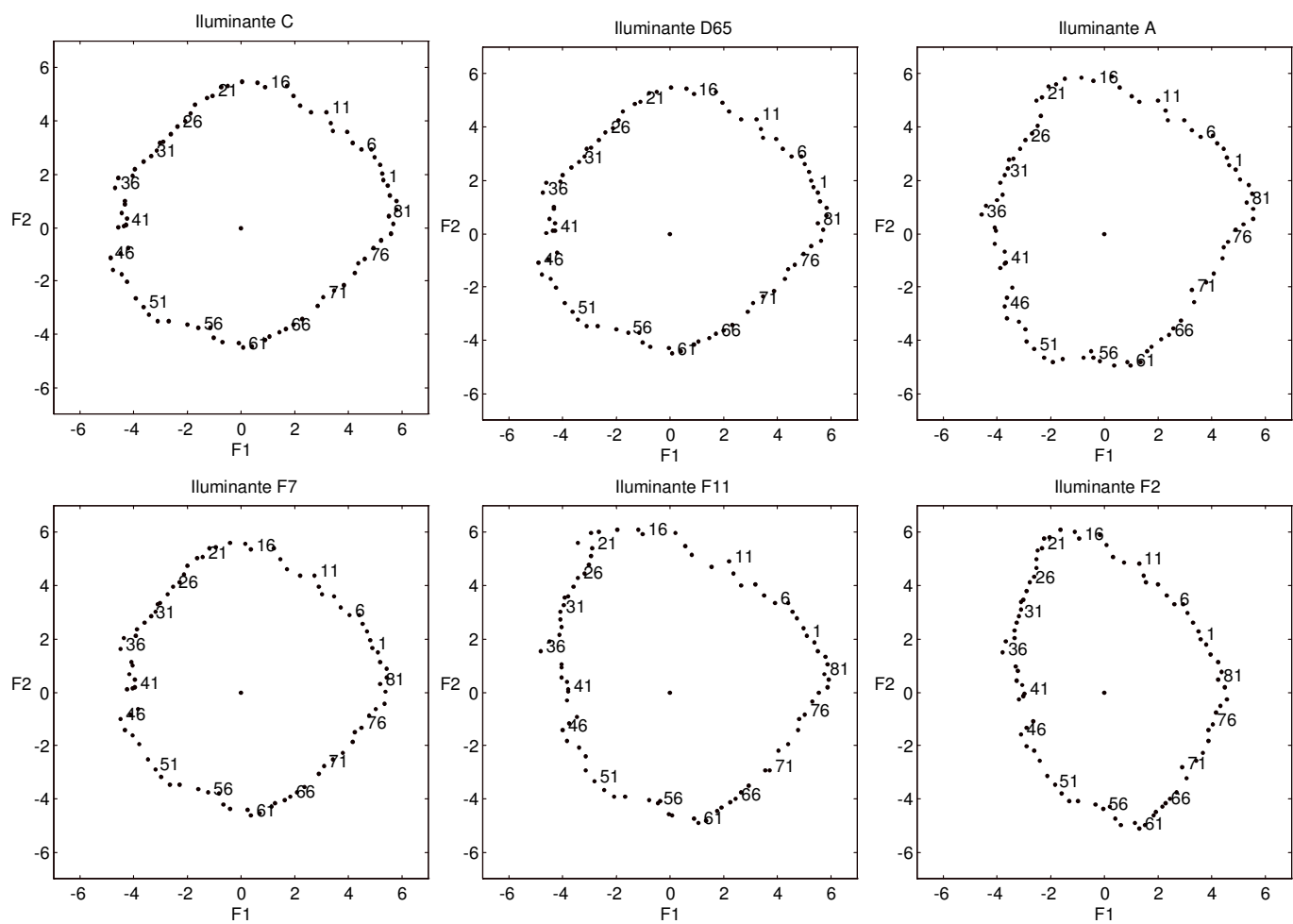


Figura 3

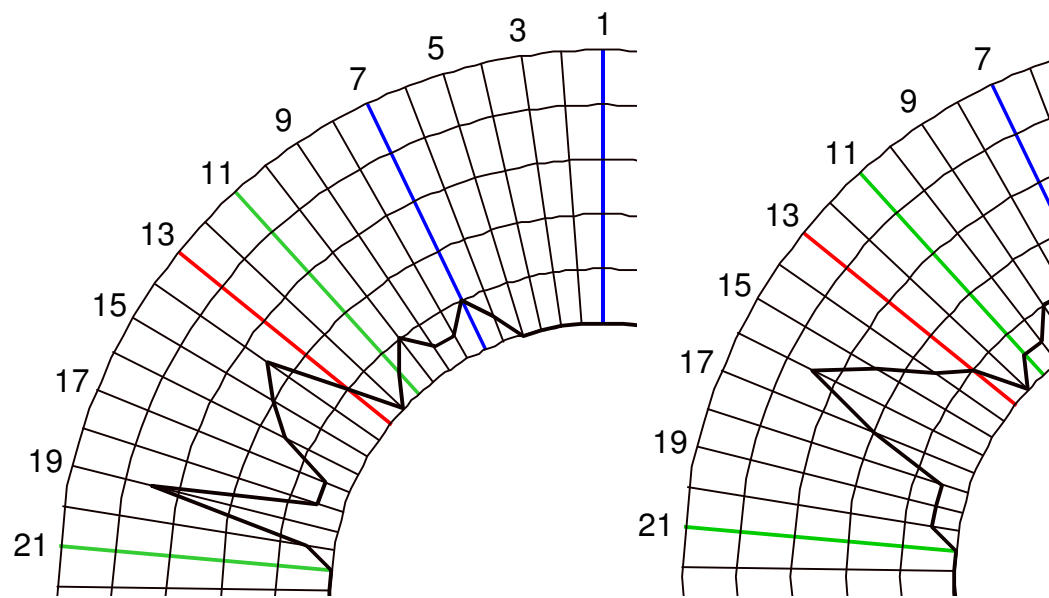


Figura 4

Luque, de Fez y Díez

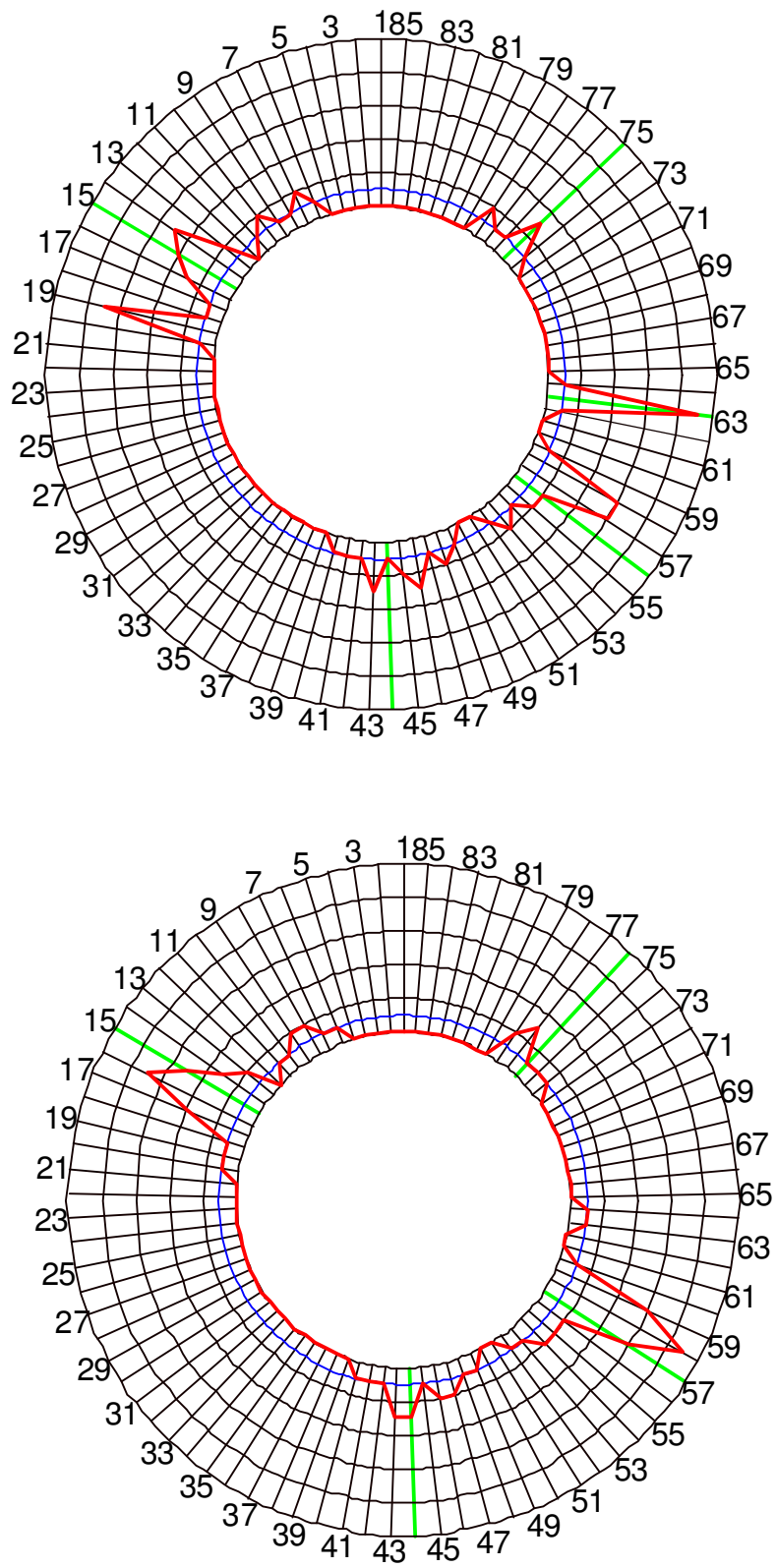
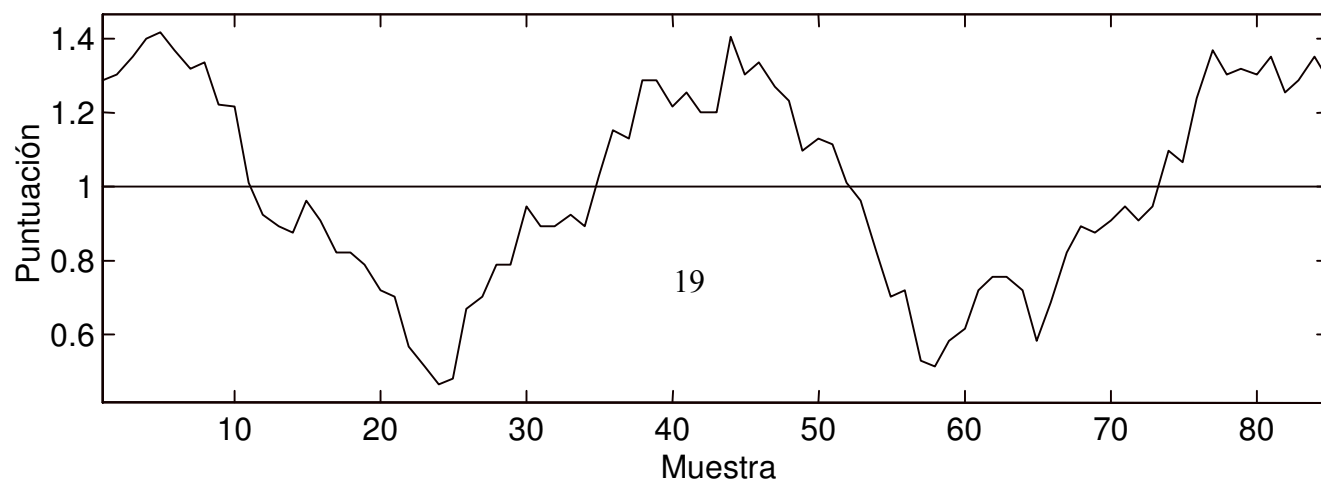
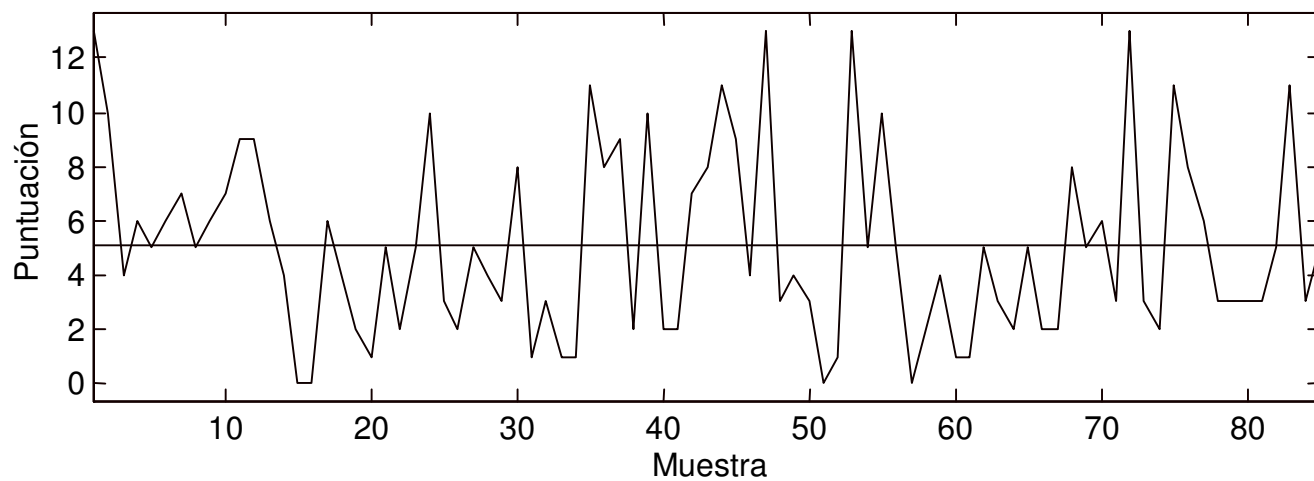
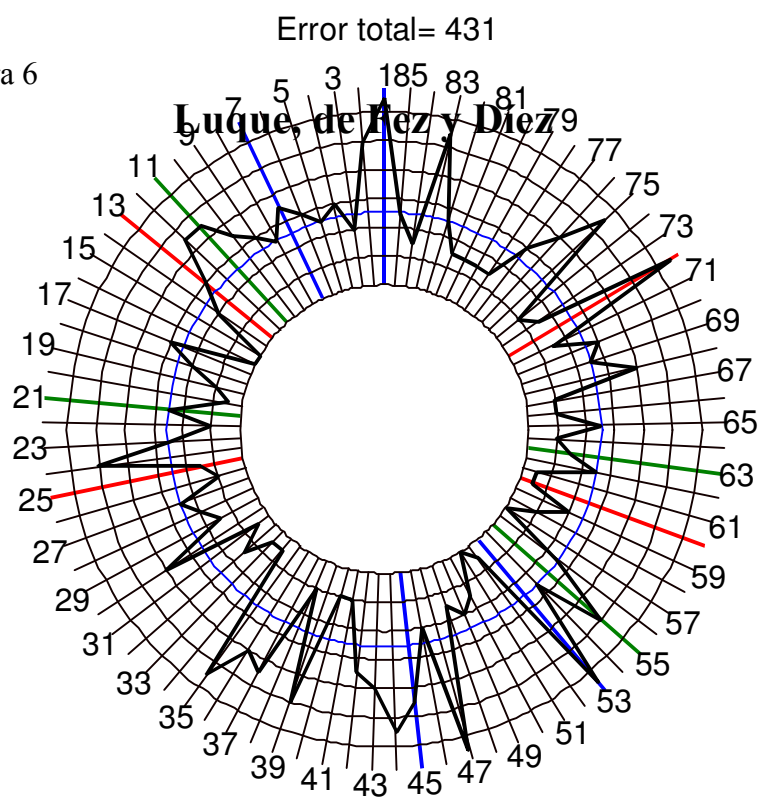


Figura 5

Luque, de Fez y Díez

Figura 6



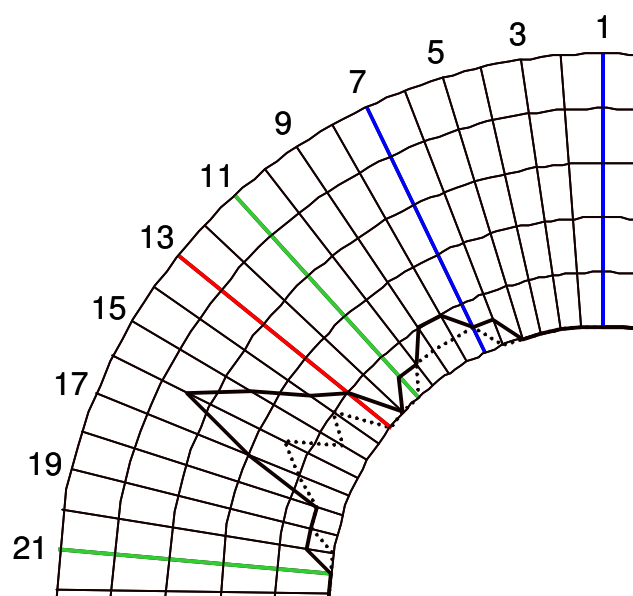
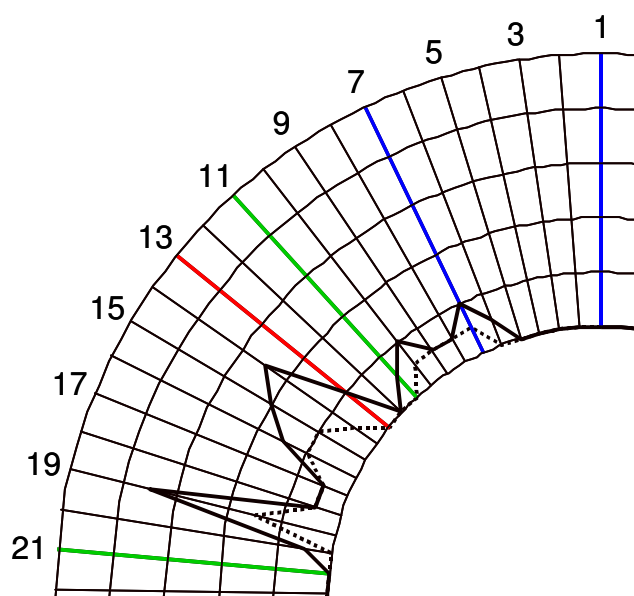
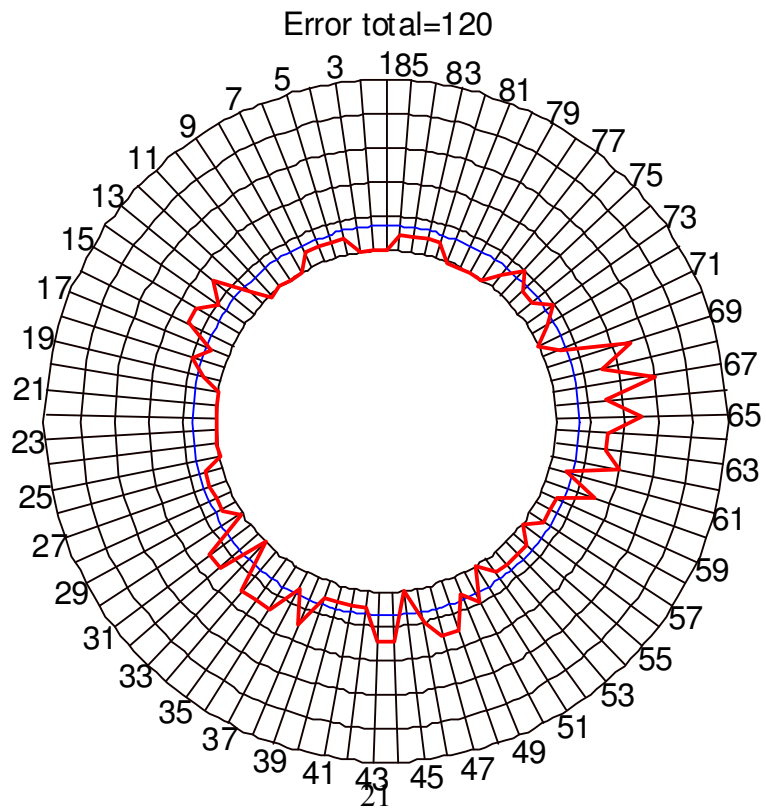
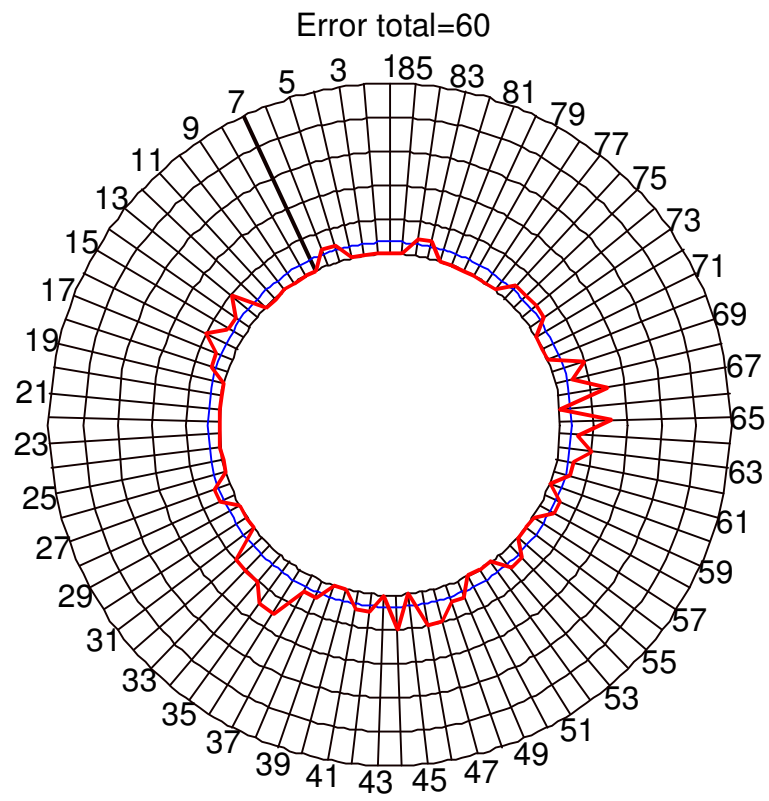


Figura 7

Luque, de Fez y Díez



TABLAS

Tabla I. Clasificación de alteraciones adquiridas de la visión del color, con ejemplos de las patologías más comunes que las llevan asociadas.

Tabla II. Límites de normalidad del test FM100-H, administrado binocularmente. Kinnear demostró que la distribución de errores del test no era normal, aunque la de la raíz cuadrada del error sí lo era, por lo que aconseja este último parámetro para caracterizar a los sujetos. Nótese el aumento notable del error con el envejecimiento; este efecto se debe en parte al amarilleamiento del cristalino, que hace aparecer un eje tritán.

FIGURAS

Figura 1.-Muestras del test F-M de 100 tonos bajo iluminante C en el diagrama xy de la CIE, representadas junto a las rectas de confusión de protanopes (_ _ _), deuteranopes (-.-.-) y tritanopes (- - -). Tomado de Birch (1991).

Figura 2.-El test Farnsworth-Munsell de 100 tonos.

Figura 3.-Cromaticidad de las fichas del test FM100-H bajo distintos iluminantes estándar, representada en un plano de claridad constante del espacio SVF (Seim y Valber, 1987). Este espacio es bastante uniforme, por lo cual la distancia en el diagrama entre dos piezas es una buena estimación de su distancia perceptual. Obsérvese que los locus se deforman con el cambio de iluminante, variando las distancias perceptuales entre las distintas fichas.

Figura 4.- Comparación de resultados con el método de Farnsworth y el de Kinnear para una misma ordenación: el método de Kinnear proporciona una figura más suavizada que el de Farnsworth.

Figura 5.- Resultados del test FM100-H de un sujeto catalogado como deuteranómalo con el anomaloscopio DAVICO®. A la derecha, los resultados obtenidos con el método de Farnsworth muestran tres regiones de pérdida especialmente elevada de sensibilidad, con centros de gravedad (líneas verdes) en 15, 56 y 63, y dos zonas adicionales de pérdida de sensibilidad elevada pero menor, con centros en 44 y 75. El pico en 63 dificulta una clasificación clara del sujeto como deután, aunque este sea el diagnóstico más probable. Con el método de Kinnear, las zonas de pérdida de sensibilidad se reducen a 4, y de ellas, las dos más acentuadas tienen centros en 15 y 57, lo que clasifica al sujeto claramente como deután. En esta gráfica y las sucesivas, el valor promedio del error se representa como un círculo azul.

Figura 6.- Resultados del test FM100-H correspondiente a un sujeto diabético. Las dos gráficas de la parte inferior muestran los resultados en ejes lineales. Con el método de Farnsworth (b) sólo se aprecia pérdida generalizada de sensibilidad, con errores aleatorios; el suavizado producido por el promediado de Dain y Birch (c) permite ver

una dirección de mayor pérdida de discriminación en las fichas 5 y 45, que definen un eje tritán.

Figura 7.- Comparación entre los métodos estándar de cálculo del error de cada ficha (línea continua) con la puntuación obtenida como el valor absoluto de la resta entre el número de orden y el número de ficha. Derecha, método de Kinnear. Izquierda, método de Farnsworth.

Figura 8.- Gráficas del test FM100-H de un sujeto de 23 años, clasificado como protanómalo leve por un anomaloscopio. A la izquierda, los resultados obtenidos con el método de Farnsworth, permiten ver pérdidas de discriminación en la región rojo-verde, con un eje sobre 65; el error total permite clasificar al sujeto como anómalo . A la derecha, resultados al calcular el error como $|\text{Número pieza} - \text{Número orden}|$. En este caso, no se observa ninguna región de pérdida especialmente elevada de discriminación, comparada con el error medio (círculo azul) y el error total (60) nos haría clasificar al sujeto como normal si utilizamos los valores estándar.

Tipo I	Deficiencias rojo/verde Pérdida de sensibilidad en largas longitudes de onda.	Degeneraciones progresivas de los conos.
Tipo II	Deficiencias rojo/verde Sin pérdida de sensibilidad en largas longitudes de onda Pérdida secundaria en la discriminación azul-amarillo, (mucho menos pronunciada).	Anomalías de nervio óptico: p.e. neuritis optica, atrofia óptica, esclerosis múltiple, papilitis.
Tipo III	Pérdida azul/amarillo. Puede estar acompañada de una pérdida menos acusada del rojo/verde.	<p>Azul Alteraciones propias de la coroides</p> <hr/> <p>AZUL-AMARILLO</p> <p>Degeneraciones pigmentarias, enfermedades vasculares, glaucoma, papiledema, cataratas.</p>

Tabla I
Luque, de Fez y Díez

Rango de edad	Puntuación máxima normal (95% confianza)	Raíz cuadrada del error	
		Media	Desviación estándar
10-14	193		1.85
15-19	122	6.63	1.91
20-29	107	5.69	2.07
30-39	133	6.71	2.90
40-49	188	8.23	2.44
50-59	234	8.68	2.64
60-69	268	9.57	2.44
70-80	317	11.46	2.01

Tabla II

Luque, de Fez y Díez